Aus dem Arbeitsphysiologischen Institut der Universität Breslau.
Direktor: Prof. Dr. A. Basler.

Untersuchungen über die Delle der normalen Haut.

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Breslau

vorgelegt von

Fritz Metzdorf.

Breslau 1939

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10, Wörtherstrasse 6

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. A. Basler
II. Referent: Prof. Dr. Gottron
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern in Dankbarkeit!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542706_0032

In den medizinischen Lehrbüchern kann man immer wieder und mit Recht als Symptom für Ödeme die bleibende Delle angeführt finden. Nun gibt es aber Beispiele genug dafür, daß auch ein an der normalen, nicht ödematösen Haut gesetzter Eindruck, wenn er kräftig genug war, längere Zeit bestehen bleibt, wie die Rinne in der Haut der Nasenwurzel beim Tragen einer festsitzenden Brille. So scheint der Unterschied zwischen der normalen und der ödematösen Haut in bezug auf die Dellenbildung nur ein quantitativer zu sein.

Der Ausdruck „quantitativer Unterschied" besagt schon allein, daß je nach der Ausbildung der Delle verschiedene Schichten der Haut betroffen werden können, bei den allergeringsten Graden geht die Hautdeformierung vielleicht nicht einmal über die Hornschicht, während sie bei den höchsten Graden die tiefsten Schichten des Coriums erreicht. Physikalisch ausgedrückt, wird eine Delle immer dann entstehen, wenn die entsprechenden Gebilde der Haut über ihre Elastizitätsgrenze hinaus deformiert werden.

Während über das Auftreten einer bleibenden Delle in der krankhaft veränderten Haut schon viel geschrieben worden ist, besteht über die Delle in der gesunden Haut noch keine Literatur, jedenfalls ist es mir nicht gelungen, im Schrifttum etwas darüber zu finden.

Das ist der Grund, weshalb ich auf Veranlassung von Herrn Professor Basler die Dellenbildung in der normalen Haut und alles, was mit ihr zusammenhängt, genauer untersucht habe; dahin gehören sowohl die günstigen Bedingungen für ihr Zustandekommen als auch der Grad ihrer Ausbildung sowie ihre Folgen.

Methode für die Hervorrufung einer Delle.

Eine Delle läßt sich, wie man sich leicht überzeugen kann, jederzeit hervorrufen, wenn eine stumpfe Spitze mäßig auf die Haut gedrückt wird. Für meine Untersuchungen verwendete ich ein Stäbchen aus Messing, das an seinem unteren, sich verjüngenden Ende einen Durchmesser von 5 mm hatte. Damit dieses Stäbchen stets mit gleicher Kraft gegen die Hautoberfläche drückt, benutzte ich die im folgenden beschriebene von Herrn Prof. Basler angegebene Einrichtung.

Das Stäbchen a steckt in einer an dem Handgriff e befestigten Hülse c, die als Führung dient. Am oberen Ende des Stäbchens ist die Gewichtsschale d angebracht. (Abb. 1.)

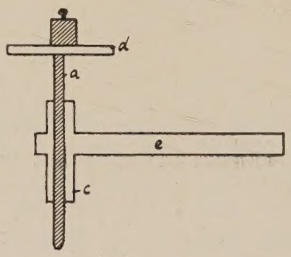

Abb. 1

Zur Ausführung des Versuches wurde die zu untersuchende Hautstelle durch entsprechende Unterstützung des zugehörigen Körperteils in eine horizontale Lage gebracht und das Stäbchen mittels der Handhabe e senkrecht zur Haut gestellt. Der Druck, den das Stäbchen a auf die Haut ausübt, ist bedingt durch das auf die Schale d gelegte Gewicht. Die Belastung der Haut dauerte 5 Sekunden. Nach Entfernung des Stäbchens wurde mit einer Stoppuhr die Zeit festgestellt, die bis zum Verschwinden der so erzeugten Delle verging.

Dauer des Fortbestehens der Delle.

Wenn eine Delle in der gesunden Haut erzeugt wird, dann ist die Zeitdauer bis zu dem Moment ihres Verschwindens durchaus verschieden, je nach der Art wie die Untersuchung ausgeführt wird, je nach der Versuchsperson und dem jeweiligen Zustand der Haut. Schwierigkeiten bei der Beobachtung der Rückbildung gab es nur, wenn an manchen Hautbezirken am Orte der Vertiefung eine reaktive Hyperämie auftrat, die eine noch bestehende Vertiefung überdecken oder im Gegenteil noch vortäuschen konnte. Solche durch mechanische Hautreizung ausgelöste Unregelmäßigkeiten der Blutbewegung sind im Rahmen der Arbeiten über Dermatographismus sowie die Physiologie der Hautkapillaren in jüngster Zeit eingehend untersucht worden [1]). So wissen wir, daß nach einer starken cirkumskripten Kompression einer Hautstelle eine aktive Hyperämie entsteht. Um durch die Gefäßreaktion bedingte Verwechslungen auszuschließen, benutzte ich für meine Untersuchungen die Haut der Fußsohle und der Hohlhand, wo die Gefäßreaktion gegenüber den Formänderungen der Hautoberfläche stark zurückbleibt.

[1]) Vgl. U. Ebbecke: Pflügers Archiv, Band 169, S. 1, 1917.

Einfluß der Belastungsgröße auf den Bestand der Delle.

Um den Zusammenhang zwischen der Belastungsgröße und dem Fortbestehen der Delle zu untersuchen, verfuhr ich in der einfachsten Weise.

Ich setzte den Stift auf die Haut des Daumenballens auf und belastete mit steigenden Gewichten von 100 bis 500 g bei gleichbleibender Zeit (5 Sekunden). Dabei fand ich, was ohne weiteres zu erwarten war, daß mit der steigenden Kraft auch die Dellen in der Haut immer länger bestehen blieben. Die von mir gefundenen Werte sind aus Tabelle 1 ersichtlich, in der ich als Beispiel die bei einer männlichen Versuchsperson gefundenen Werte zusammengestellt habe. Ganz ähnliche Ergebnisse erzielte ich auch bei anderen Individuen. Wie man sieht, nimmt die Rückbildungszeit der Delle viel stärker zu als die Belastungsgröße.

Tabelle 1.

Rückbildungszeit der Dellen am Daumenballen bei steigender Belastung.
Belastungsdauer 5 Sekunden.

Kraft in g	Rückbildungszeit in Sekunden
100 g	23 Sek.
200 g	41 Sek.
300 g	58 Sek.
400 g	125 Sek.
500 g	240 Sek.

Vergleich verschiedener Hautstellen.

Um festzustellen, welche Beziehungen zwischen den verschiedenen Stellen der Haut und der Rückbildungszeit einer Delle bestehen, erzeugte ich Dellen an vier verschiedenen Stellen der Fußsohlenhaut. Als Versuchsfelder der Sohle wählte ich mir aus die trockene und nicht verhornte Haut der großen Zehe, die trockene und leicht verhornte Haut über dem zweiten Zehenballen und die stark verhornte Haut der Ferse. Bei diesen und den folgenden Versuchen belastete ich mein Druckinstrument mit 300 g und setzte es fünf Sekunden auf die Haut auf. Die so entstandenen Dellen waren also alle mit derselben Kraft und in derselben Zeit gedrückt worden, sodaß der einzige Unterschied in der gedrückten Hautstelle bestand. Auf diese Weise habe ich die aus umstehender Tabelle 2 zu ersehenden Ergebnisse gefunden. Dabei mögen zunächst nur die senkrechten Reihen 1—3 beachtet werden. Die Delle verschwand am schnellsten in der zarten und feuchten Haut der dritten Zehe. Länger blieb sie in der trockenen und verhornten Haut der Ferse und des Zehenballens der zweiten Zehe bestehen, am längsten in der nicht verhornten und trockenen Haut der großen Zehe. Wie man aus diesem Vergleich sieht,

übt weder der Grad der Verhornung noch die augenblickliche Tätigkeit der Schweißdrüsen einen Einfluß aus auf das Bestehenbleiben einer Delle. Zum Vergleich wurde als letzte waagerechte Reihe das Ergebnis für den Daumenballen eingesetzt.

Noch weniger einheitlich ist die Ausbildung von Dellen an den verschiedenen Hautbezirken der Hand. An den Fingerbeeren ist die Haut im allgemeinen trocken und wenig verhornt; ganz ähnlich erwies sich die Haut über dem Kleinfingerballen. Am Daumenballen ist etwas stärkere Verhornung vorhanden. Richtige Schwielen finden sich an der Hohlhandfläche über den Köpfchen der Mittelhandknochen.

Bei normaler Zirkulation ergab sich, wie aus Tabelle 3 Reihe 1 und 2 ersichtlich, daß die Rückbildungszeit der Delle je nach der Hautstelle außerordentlich verschieden ist. Die Delle verschwand am schnellsten an der Kuppe des vierten Fingers, nämlich nach 18 Sekunden, am Kleinfingerballen nach 26 Sekunden, hieran schloß sich die Haut über den Köpfchen des zweiten Mittelhandknochens mit 58 Sekunden langen Bestehens der Delle. Genau 63 Sekunden lang hält sie sich am Daumenballen.

Tabelle 2.

Rückbildungszeit der Dellen auf der Fußsohlenhaut des linken Fußes.

Druckgewicht 300 g, Druckzeit 5 Sekunden.

1	2	3	4
Druckstelle	Zustand der Hautstelle	unveränderte Fußsohlenhaut	Fußsohlenhaut nach Fußbad
1. Zehe	trocken, nicht verhornt	77 Sek.	16 Sek.
Zehenballen der 2. Zehe	trocken, leicht verhornt	34 Sek.	12 Sek.
Ferse	trocken, stark verhornt	35 Sek.	9 Sek.
3. Zehe	feucht, zart	26 Sek.	10 Sek.
Daumenballen		63 Sek.	

Tabelle 3.

Rückbildungszeit der Dellen bei normaler Zirkulation bei venöser Stauung und bei Blutleere.

Druckgewicht 300 g, Druckzeit 5 Sekunden.

1	2	3	4	5	6
Druckstelle	normale Zirkulation	Dauer der venösen Stauung 10 Min.	15 Min.	20 Min.	Blutleere
Kuppe des 4. Fingers	18 Sek.	15 Sek.	13 Sek.	12 Sek.	240 Sek.
Köpfchen des 2. Mittelhandknochens	58 Sek.	30 Sek.	25 Sek.	21 Sek.	65 Sek.
Kleinfingerballen	26 Sek.	20 Sek.	18 Sek.	15 Sek.	37 Sek.
Daumenballen	63 Sek.	40 Sek.	30 Sek.	26 Sek.	120 Sek.

Einfluß eines heißen Fußbades.

Nach diesen Messungen habe ich meine Versuchspersonen ein heißes Fußbad von 15 Minuten Dauer nehmen lassen und nachher den Fuß mit einem Lappen kräftig abgerieben. Bei den nun an denselben Stellen der Fußsohle und unter denselben Bedingungen vorgenommenen Messungen fand ich viel kürzere Rückbildungszeiten, wie aus einem Vergleich der dritten und der vierten Reihe der Tabelle 2 ohne weiteres zu ersehen ist. Die Dellen verschwanden nicht nur bedeutend schneller als vorher, vielmehr haben sich auch die Unterschiede der Rückbildungszeit, die vorher an den einzelnen Stellen der Fußsohlenhaut so abweichen, weitgehend ausgeglichen.

Einfluß der Blutfüllung.

Meine Untersuchungen über den Einfluß der venösen Stauung führte ich der leichten Zugänglichkeit wegen lediglich an der Haut der Hohlhand aus. Nach Bestimmung der Rückbildungszeiten bei normaler Haut legte ich meiner Versuchsperson um den Oberarm eine Ligatur, die eine venöse Stauung veranlaßte, und erzeugte nach 10, 15 und 20 Minuten aufs neue Dellen. Dabei verschwanden die Dellen nach einer 10 Minuten dauernden Stauung viel schneller als vorher (vgl. Tabelle 3). Nach 15 und 20 Miuuten konnte ich eine weitere Verkürzung der Zeit des Bestehens der Delle feststellen. Aus dem Versuch ist weiterhin zu entnehmen, daß auch durch Stauung die Zeiten, während der sich die Dellen halten, an der Hand einander viel ähnlicher werden als bei normal durchbluteter Haut.

Einfluß der Anaemie.

Geradezu gegensätzlich fielen die Versuche aus, wenn statt der Stauung eine Anaemie erzeugt wurde. Dabei ging ich vor, wie im folgenden beschrieben. Nachdem ich die Ligatur für die venöse Stauung abgenommen hatte, legte ich für meine Versuchsperson eine längere Pause ein, um wieder normale Zirkulationsverhältnisse zu bekommen. Danach stellte ich eine Blutleere her, indem ich die Hand und den ganzen Arm bei gehobenem Arm von distal nach proximal fortschreitend mit einer Binde straff umwickelte und die Umwicklung der Hand dann wieder löste, nachdem der Arm so fest abgebunden war, daß dadurch der arterielle Zufluß unterbunden war. Die jetzt von mir gedrückten Dellen blieben, wie Tabelle 3 zeigt, sogar länger bestehen als bei normaler Zirkulation. Ich konnte also feststellen, daß venöse Stauung eine Delle schneller verschwinden läßt, eine Blutleere hingegen das Verschwinden einer Delle in der Haut verzögert.

Einfluß der Hautspannung.

Nach verschiedenen aus dem hiesigen Institut hervorgegangenen Untersuchungen [2]) ist es leichter, mit bloßen Füßen auf einer schrägen Fläche abwärts zu gehen als aufwärts. Das ist eine Tatsache, die zweifellos in einem gewissen Zusammenhang steht mit der Ausbildung der Delle. Deshalb habe ich auf Veranlassung von Herrn Prof. Basler selbst eingehende Untersuchungen über das Stehen auf einer schrägen Fläche ausgeführt. Im ganzen habe ich dazu etwa 125 Personen untersucht. Sie teilen sich in zwei große Gruppen ein, erstens in Jugendliche von 7 bis 14 Jahren, Schüler einer Volksschule in Breslau, zweitens in Erwachsene bis zu 60 Jahren, Patienten der Universitäts-Hautklinik in Breslau.

Um eine genügend große Anzahl Personen untersuchen zu können, mußte ich die Bestimmungen in den Schulen und Krankenhäusern selbst ausführen. Dazu brauchte ich einen wesentlich kleineren Apparat als den für ähnliche Zwecke im Institut verwendeten [3]), der sich zu transportieren ließe.

Zu diesem Zweck wurden nach dem Vorschlag von Herrn Prof. Basler (siehe Abb. 2) zwei 60 cm lange, 30 cm breite und 2 cm dicke Bretter a und b durch Scharniere gelenkig miteinander verbunden. Zum Einstellen des gewünschten Winkels dient der senkrechte Eisenstab e, der beliebig nach rechts oder links verschoben werden kann. Er steht auf dem in der Schiene c verschiebbaren Reiter d Der Stab e trägt an seinem oberen Ende einen zur Scharnierachse der Bretter parallel laufenden 25 cm langen Eisenstab f, der den Zweck hatte, das obere Brett zu stützen. Die Stäbe e und f boten in ihrer Vereinigung das Bild eines T. Je nach der Stellung des Schiebers d und somit des Stabes e wurde der Wiekel δ größer oder kleiner. Der an dem unteren Brett befestigte Transporteur gestattete die unmittelbare Ablesung des Winkels δ Während die Versuchsperson auf dem Brett a steht, wird der Winkel δ solange vergrößert, bis sie abrutscht. Dieser Winkel bildet ein Maß für die Größe der Reibung.

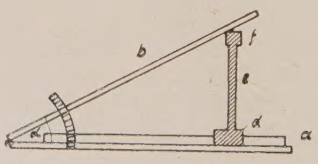

Abb. 2

[2]) P. Woitzig: Dissertation, Breslau 1936.
[3]) P. Woitzig: Dissertation, Breslau 1936.

Die Abhängigkeit des Reibungswiderstandes von der Stellung der Füße.

Entsprechend den bisher vorliegenden gelegentlichen Beobachtungen fand ich auch bei meinen systematischen Untersuchungen über diesen Gegenstand eine gesetzmäßige Abhängigkeit des Reibungswiderstandes der Fußsohle von der Stellung der Füße auf der schiefen Ebene. Die Versuchsperson kann nach drei verschiedenen Arten auf dem Brett stehen, nämlich erstens die Füße stehen in der Stellung des Steigens, d. h. die Zehen liegen höher als die Fersenballen. Bei dieser Stellung nahmen alle Personen eine charakteristische Haltung ein, indem sie sich weit nach vorn überbeugten, damit die Vertikalprojektion ihres Körperschwerpunktes noch in die Unterstützungsfläche des Körpers fällt. Bei der zweiten Fußstellung stehen die Füße in der Stellung des Abwärtsgehens (d. h. die Zehen tiefer als die Fersenballen). Hierbei mußten die Füße plantarwärts gebeugt werden. Um wieder das Lot vom Körperschwerpunkt in die Unterstützungsfläche hineinfallen zu lassen, versuchten alle Personen sich möglichst weit nach hintenüber zu beugen. Die dritte von mir untersuchte Fußstellung besteht darin, daß die Längsachse der Füße senkrecht zur Steigung des Brettes steht. Da die Füße quer auf der schiefen Ebene stehen, liegen die Zehen gleich hoch wie die Fersenballen. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in der folgenden Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4.

Die Abhängigkeit des Grenzwinkels von der Stellung der Füße.

	Fußstellung im Sinne		
	I. des Steigens	II. des Abwärtsgehens	III Fuß quergestellt
Durchschnittswert für den Neigungswinkel der Standfläche	34°	35,9°	36,5°
Minimalwert	25°	29°	28°
Zentralwert	34°	36°	37°
Maximalwert	40°	41°	41°

Aus der Tabelle 4 ist ohne weiteres zu ersehen, daß die Fußstellung I die ungünstigste ist, d. h. daß die Fußsohle bei einer relativ geringen Neigung der Standfläche abgleitet.

Es ist von großer Wichtigkeit, daß bei diesen Untersuchungen nur gleichwertige Personen verglichen werden. Denn die größere oder kleinere Fähigkeit des Stehens auf einer schrägen Fläche hängt, abgesehen vom Reibungswiderstand, noch von einer Menge von Faktoren ab.

In erster Reihe spielt die Fähigkeit der Gelenkbewegung im Sprunggelenk eine große Rolle. So kann z. B. jemand, der seinen Fuß im Sprunggelenk nur wenig strecken kann, was häufig vorkommt, nur schlecht aufwärtsgehen. Auch die gesamte Beweglichkeit des Körpers ist von großer Wichtigkeit, weil beim Nehmen einer großen Steigung die durch die Schrägstellung der Beine bedingte Gefährdung des Gleichgewichts nur durch eine starke Vorwärtsneigung des Rumpfes ausgeglichen werden kann.

Damit dürfte es zusammenhängen, daß die Leistung für das Stehen auf einer schrägen Fläche ganz erheblich durch die Leistung der Versuchsperson im Turnen beeinflußt wurde, wie ich das immer wieder gefunden habe. Schließlich spielt auch der Grad der Feuchtigkeit der Füße [4]) eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Wenn auch bei den an Jahren gleichwertigen Versuchspersonen die Ergebnisse, wie aus obiger Tabelle hervorgeht, wenig übereinstimmend waren, so werden sie jedenfalls dann einwandfrei, wenn zum Vergleich der drei Fußstellungen immer eine und dieselbe Versuchsperson herangezogen wird, wie das auch geschehen ist.

So will ich noch einmal, um den Zusammenhang aufrechtzuerhalten, wiederholen.

Am schwierigsten ist das Stehen auf einer schrägen Ebene in der Richtung des Steigens, der Winkel der schiefen Ebene kann größer gemacht werden sowohl beim Stehen quer zur geneigten Fläche als auch beim Stehen in der Richtung nach unten.

Zur Erklärung muß man berücksichtigen, daß der Halt der Fußsohle auf einer schrägen Unterlage dadurch gegeben wird, daß die kleinen gewöhnlich übersehenen Erhabenheiten der Unterlage die Haut einbuchten, eine Delle verursachen, in die sie eingreifen und so das Abgleiten hemmen. Wenn es sich nun zeigen läßt, daß stärkere Spannung der Haut die Dellenbildung hemmt, dann wäre eine Erklärung möglich für die verschiedene Leistung beim Stehen auf einer schrägen Ebene je nach der Fußstellung. Beim Aufwärtsgehen oder Stehen mit den Zehen nach oben ist die Sohlenhaut gespannt, die Reibung kleiner, bei den anderen Fußstellungen entspannt, die Reibung größer.

Somit ließen sich von vornherein Vermutungen aufstellen, in welcher Richtung die Dellenbildung durch die Spannung der Haut beeinflußt wird.

---

[4]) P. Woitzig: Dissertation, Breslau 1936.

Hautspannung und Reibungswiderstand an einem kleinen Hautbezirk.

Trotzdem habe ich den Einfluß der Hautspannung auf den Reibungswiderstand in einer besonderen Versuchsreihe unmittelbar untersucht. Wie meine Versuchsergebnisse zeigen, wurde die oben ausgesprochene Vermutung voll bestätigt. Recht zweckmäßig erwies sich für solche Untersuchungen die Haut der Hohlhand über den Köpfchen des Mittelhandknochens. Das eine Mal wurde der Versuch vorgenommen bei Beugung des Fingers, also entspannter Haut, das andere Mal bei maximaler Streckung. Die Delle wurde in der oben beschriebenen Art mit 300 g Belastung, die 5 Sekunden lang wirkte, hervorgerufen. Als Beispiel sei hier ein Versuch vom 21. Juni 1937 veröffentlicht. Versuchsperson F männlich, 25 Jahre alt.

Tabelle 5.

Haut über dem Köpfchen des zweiten Mittelhandknochens, Volarseite.

Zustand der Haut	Zeit bis zum Verschwinden der Delle
gespannt	0 Sekunden
entspannt	35 Sekunden

Gerade an der Hohlhand ist der Einfluß der Spannung außerordentlich stark ausgesprochen. Denn wie man sieht, genügten 300 g nicht, um eine bleibende Delle hervorzurufen. Nicht so groß ist der Unterschied zwischen gespannter und nicht gespannter Haut am Fuß. Für diese Untersuchungen diente mir die Haut der Fußsohle über dem Köpfchen des zweiten Mittelfußknochens. Die Methode war die gleiche wie die an der Hand. Aber auch an der gespannten Haut war die Delle immer noch 25 bis 30 Sekunden lang zu sehen, gegen 45 bis 55 Sekunden an der nicht gespannten Haut.

Einfluß mechanischen Trainings der Haut.

Wenn ich von Beanspruchung der Haut spreche, dann meine ich die Veränderung durch fortgesetzte mechanische Reizung. Beispiele für solche Haut bieten die Fußsohlen von Menschen, die barfuß gehen einerseits und andererseits solche, die ständig Fußbekleidung tragen. Von diesem Gesichtspunkt aus habe ich Untersuchungen über die Dellenbildung an zwei vierzehnjährigen Jungen vorgenommen. Das Ergebnis ist aus folgender Tabelle zu ersehen. Es ist ganz deutlich, daß die Delle beim barfußgehenden Jungen sowohl in der gespannten wie in der nicht gespannten Haut ganz erheblich kürzere Zeit bestehen bleibt.

Tabelle 6.

Dauer der Delle in der Fußsohlenhaut.

Fußbekleidung	Rückbildungszeit der Delle in Sekunden in der gespannten Haut	entspannten Haut
Schuhträger	25 Sekunden	45 Sekunden
	30 „	50 „
	27 „	55 „
Barfußgänger	7 Sekunden	15 Sekunden
	6 „	12 „
	7 „	14 „

Die Dellen sind mit 300 g 5 Sekunden lang gedrückt worden.

Zweifellos wird die Haut durch das Barfußgehen wie schon in mehreren Veröffentlichungen[5]) aus dem Baslerschen Institut hervorgehoben wurde, entgegen einer viel verbreiteten Ansicht nicht schwieliger, sondern im Gegenteil weicher, dabei in ihrer Struktur fest. Die Hautbeschaffenheit ähnelt mehr derjenigen bei Hyperämie. Mit diesen Ergebnissen stimmt auch die Angabe[6]) überein, daß Menschen, die gewöhnlich barfuß gehen, sich auf einer schiefen Ebene schlechter halten können.

Auftreten von Dellen im täglichen Leben.

Dellen, die ohne unser Zutun entstanden sind, kann jeder täglich an seinem eigenen Körper beobachten. Man braucht z. B. während des Schlafes nur auf einer Falte zu liegen, dann wird ihr Abdruck lange Zeit sichtbar sein. Ihre Form ist natürlich eine andere als bei unseren Versuchen; sie entspricht eben dem Aussehen einer Längsfalte.

Eine sehr häufige Ursache für das Auftreten von Dellen bieten die Maschen der Strümpfe. Oft ist nach dem Ausziehen des Strumpfes das ganze Muster des Gewebes auf dem Fuß abgedrückt. Meist ist das allerdings zu beobachten, wenn der mit dem Strumpf bekleidete Fuß in einem Schuh gesteckt hat; manchmal kommt jedoch diese Erscheinung auch zustande, wenn kein Schuh angezogen wird. Daraus ersieht man, daß unter Umständen die Spannung des Strumpfes allein genügt, um die Haut zu deformieren.

Spannkraft des Strumpfes.

Ob der Strumpf eine nennenswerte Kraft auf den Fuß ausübt, läßt sich in einfachster Weise ermitteln. Ich zeichnete auf den Rat von Herrn Prof. Basler zunächst bei mehreren Ver-

[5]) A. Basler: Zeitschrift für Biologie, Band 96, S. 332 (335), 1935. — A. Basler: Anpassung des Organismus, Kanton 1933, S. 139. — E. Sauermann: Dissertation, Breslau 1936, S. 17.

[6]) P. Woitzig: Dissertation, Breslau 1936.

suchspersonen den Umriß des unbekleideten Fußes mit rotem Stift und dann den des mit einem Strumpf bekleideten Fußes mit blauem Stift möglichst genau auf ein Stück Papier auf. Die rote Zeichnung ist in Abbildung 3 durch eine gestrichelte Linie ersetzt worden, die blaue durch eine durchgezogene.

Bei einer der ersten Versuchspersonen, einem Arbeiter, der wollene Strümpfe trug, waren nennenswerte Veränderungen der Fußform nicht festzustellen. Bei ihm bedingten die Maschen des Strumpfes auch keine Eindrücke in die Haut. Bei meinen weiblichen Versuchspersonen konnte ich sowohl Hauteindrücke der Maschen, wie auch beträchtliche Formveränderungen des Fußes feststellen; von einer derselben stammt Abbildung 3.

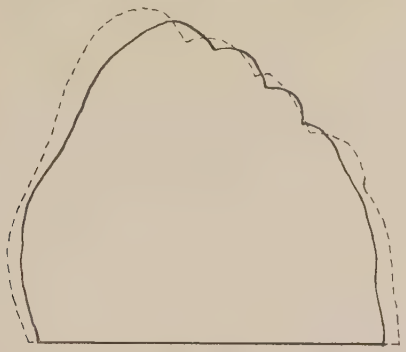

Abb. 3. Der bloße Fuß ist gestrichelt, der mit Strumpf bekleidete durchgezogen gezeichnet.

Daß der Strumpf eine beträchtliche Kraft in der Richtung von medial nach lateral ausübt, erkennt man daran, daß die erste Zehe nach lateral abgedrängt wurde und die fünfte Zehe nach medial.

Abgesehen von den Umrißzeichnungen untersuchte ich auch den Umfang über drei verschiedene Fußbreiten, und zwar: erstens über den Zehen, zweitens über den Köpfchen der Mittelfußknochen und drittens über dem Fußrücken in der Gegend der drei Keilbeine und des Würfelbeines. Nachdem die Maßpunkte mit Marken bezeichnet waren, die auch durch Damenstrümpfe ohne weiteres zu sehen waren, legte ich um den Fuß über die vorgeschriebenen Punkte dünne Papierstreifen und maß so die bereits erwähnten Umfänge des unbekleideten und des in dem Strumpf steckenden Fußes; letzteres unter Berücksichtigung der Strumpfdicke. Ich konnte nun feststellen, daß der Umfang über die Zehen bei dem im Strumpf steckenden Fuß um 8 mm kleiner war als beim unbekleideten Fuß. Der Umfang über die Köpfchen der Mittelfußfußknochen wurde um 6 mm kleiner und der Umfang über das Keil- und Würfelbein allerdings nur um 1 mm. Am stärksten werden

also von der Kompression durch die Strümpfe die Zehen betroffen, weniger stark der Mittelfuß und nur in ganz geringem Grade werden durch die Druckwirkung des straff sitzenden Strumpfes die Anteile des Fußes verändert, die durch die Fußwurzelknochen gebildet werden.

Messung der Spannkraft des Strumpfes.

Zur Messung der vom Strumpf ausgeübten Kraft ging ich von folgender Überlegung aus. Die Fußbreite war in der Richtung vom Köpfchen des ersten Mittelfußknochens bis zum ersten Glied der fünften Zehe durch den Strumpf von 9,6 auf 9 cm, also um 6 mm reduziert worden. Die Kraft, die dazu ausreicht, den strumpflosen Fuß auf den gleichen Durchmesser zu verkleinern, muß der vom Strumpf ausgeübten Spannung entsprechen.

Ich ließ deshalb meine Versuchsperson mit ihrem unbekleideten Fuß so auf ein Brett treten, daß die von mir für die Untersuchung ausgewählte Fußbreite genau über einen in dem Brett angebrachten 8 cm langen, 2,5 cm breiten Spalt stand. Um den über dem Spalt stehenden Fußquerschnitt legte ich ein 2 cm breites Band, das ich durch den Spalt hindurchführte und unterhalb des Brettes zusammenknotete. Belastete ich nun dieses Band mit Gewichten, so drückte es die Breite des Fußes zusammen, und ich brauchte jetzt nur soviel Gewichte anzuhängen, bis die Fußbreite von 9,6 cm auf 9 cm abgenommen hatte, dazu waren 3,5 kg erforderlich (Abb. 4).

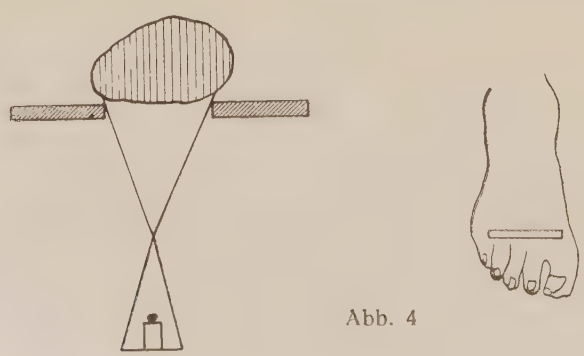

Abb. 4

Zugfestigkeit des Strumpfes.

Über die Größe der nach obigem Versuch bestimmten Kraft war ich selbst in höchstem Maß verwundert, und so stiegen Zweifel in mir auf, ob eine 2 cm lange Zone des Strumpfes eine derartig große Kraft auszuüben vermag, ohne zu zerreißen. Es erschien mir deshalb unerläßlich nachzuprüfen, was für eine Belastung ein käuflicher Damenstrumpf aushält, ohne zu zerreißen.

Da es nicht möglich ist, ein 2 cm breites Band aus einem Strumpf zu schneiden, prüfte ich ein 10 cm langes Stück desselben. Wenn der Strumpf in einer Zone von 2 cm mit 3,5 kg belastet werden muß, dann sind für eine Ausdehnung von 10 cm 17,5 kg notwendig. Zur praktischen Ausführung des Versuches zog ich den Strumpf s über einen 85 cm langen und 4,6 cm dicken Holzstab h, der mit seinem aus dem Strumpf herausragenden Ende in einem Schraubstock k befestigt wurde. In den Fußteil des Strumpfes, der auf die Spannungsfähigkeit geprüft werden sollte, führte ich einen genau 10 cm langen dünnen Stab m, den ich von außen mit einer 9 cm breiten Klammer n faßte. An diese Klammer wurde eine Gewichtsschale g gehangen, auf die die nötigen Gewichte gelegt werden konnten. Der Zug dieser Gewichte belastete dann eine 10 cm breite Zone des Fußteiles des Strumpfes. Vor der Belastung mußte der Strumpf noch oberhalb des Fußteiles von außen mit einem Band 1 fest an den Holzstab gebunden werden, damit er während des Versuches sich nicht zurückziehen konnte.

Ich stellte nun mit den Gewichten langsam ansteigend 17,5 kg auf die Schale. Diesen Zug hielt der Strumpf ohne weiteres aus. Um jedoch zu prüfen, welche Spannung der Strumpf überhaupt aushält, belastete ich die Schale mit immer mehr Gewichten und konnte feststellen, daß das Spannungsmaximum des 10 cm breiten Strumpfteiles erst bei 29,5 kg überschritten war.

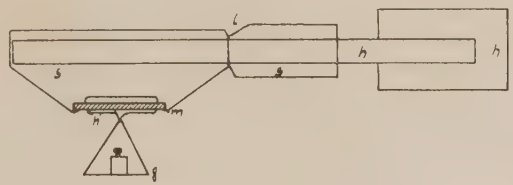

Abb. 5

Erörterung der Ergebnisse.

Die Fähigkeit der Haut, auf kleinste stumpfe Einwirkungen hin auszuweichen, darf wohl als Schutzvorgang gewertet werden, und die dabei entstehende Deformität der Haut ist dann die einzige leicht wieder ausgleichbare Schädigung, die sie dabei erfährt. Wird das die Delle erzeugende Objekt mit geringer Kraft gegen die Haut ihm unmittelbar nachfolgen, genau so, wie wenn wir ein Stäbchen in eine Gummiplatte drücken und dann wieder zurückziehen. Das besagt, daß die Haut die Eigenschaft besitzt, die wir Elastizität nennen. Denn „ein Körper wird als elastisch bezeichnet, wenn ihm durch eine äußere Kraft eine andere Form aufgezwungen werden kann, die nur solange bestehen bleibt, als

die äußere Kraft einwirkt“ [7]). Das Elastizitätsmodul für die Haut läßt sich nicht bestimmen, weil sie nicht aus einer homogenen Substanz besteht, sondern aus Gewebselementen mit durchaus verschiedenen mechanischen Eigenschaften [8]). Übersteigt die von außen einwirkende Kraft eine bestimmte Größe, dann kehrt das Objekt nur unvollkommen zu seiner alten Gestalt zurück. Dann ist eben die Elastizitätsgrenze überschritten worden.

Nach dem Gesagten ist es klar, daß die Elastizität der Haut einen wesentlichen Faktor spielen muß beim Zustandekommen einer Delle. Damit nach der Entfernung des, die Delle erzeugenden Stäbchens, noch ein Eindruck in der Haut erkennbar ist, muß das Gewicht so groß sein, daß die Elastizitätsgrenze überschritten ist.

Aber noch in anderer Beziehung unterscheidet sich das lebende Gewebe von einer leblosen Substanz, wie z. B. Gummi. Alles was lebt, besitzt ein Restitutionsvermögen und so kommt es, daß die Delle, trotzdem die Elastizitätsgrenze überschritten wurde, sich nach kürzerer oder längerer Zeit wieder ausgleicht. Von innen her steht die Haut unter dem von den Blutgefäßen aus geleiteten Blutdruck (Turgor der Haut), der jede Unebenheit auszugleichen sucht.

Die bleibende Delle wird aber leichter zustande kommen, wenn die Elastizitätsgrenze niedrig liegt; ungünstig wirkt dagegen der von hinten her bedingte Turgor der Haut. Das sind die beiden antagonistischen Eigenschaften, von denen je nach den Bedingungen die eine oder andere im Vordergrund stehen kann.

Durch das oben erwähnte warme Fußbad wird die Hautdurchblutung verstärkt. Die Kapillaren werden weiter, der Blutdruck wird lokal höher und somit der Druck gegen die Hautoberfläche von innen her größer. Die gleichzeitig auftretende Auflockerung der Epidermis würde allein die Elastizitätsgrenze erhöhen und somit das Zustandekommen der Delle begünstigen. Wenn durch Blutleere die Rückbildungszeit vergrößert wird, so haben wir hier genau den umgekehrten Einfluß wie bei verstärkter Durchblutung vor uns. Spannung der Haut bzw. Training erhöht die Elastizitätsgrenze und hemmt die Dellenbildung.

Mit der Verschiedenheit der Blutdurchströmung und der Spannung mag es auch zusammenhängen, daß an den einzelnen Hautbezirken der Hand und des Fußes die Rückbildungszeit für die Delle durchaus verschieden ist.

---

[7]) A. Basler: Experimentelle Untersuchungen über das Tragen mit Hilfe einer über die Schulter gelegten Stange. Abhandlung der medizinischen Fakultät Canton, I. Bd., S. 13 (43), 1939.

[8]) Vergleiche A. Basler: l. c. S. 49.

Zusammenfassung des Inhaltes.

1. Eine in der normalen Haut hervorgerufene „Delle“ kann je nach den Umständen mit dem Aufhören des sie bedingenden mechanischen Reizes sofort verschwinden oder aber eine meßbare Zeit hernach weiterbestehen.
2. Zur Erzeugung der Delle diente bei meinen Versuchen ein Metallstäbchen, das einen Durchmesser von 5 mm besitzt.
3. Mit zunehmender Belastung wuchs die Dauer für die Rückbildungszeit der Delle, aber nicht etwa proportional, sondern mit zunehmender Belastung wurde der Zuwachs der Zeit größer.
4. Die Dauer des Bestehenbleibens war je nach der Körperstelle verschieden; am größten an der Plantarfläche der ersten Zehe; dann folgen Ferse, zweiter Zehenballen und dritte Zehe.
5. An der Hohlhand beginnt die Reihe mit den Daumenballen, dann folgt die Stelle des zweiten Metakarpalköpfchens, der Kleinfingerballen und schließlich die Kuppe des vierten Fingers, wo unter den gleichen Bedingungen die Delle schon nach 18 Sekunden verschwunden war.
6. Die Rückbildungszeit der Delle kann durch eine künstliche Auflockerung und stärkere Durchblutung der Haut, wie sie durch ein heißes Bad hervorgerufen wird, verkürzt werden. Die Unterschiede in der Rückbildungszeit der Delle an verschiedenen Hautbezirken gleichen sich dabei weitgehend aus.
7. Eine venöse Stauung des Unterarmes verkürzt die Rückbildungszeiten der Delle an der Hohlhand. Die Zeiten, während der sich die Dellen an verschiedenen Hautbezirken halten, werden einander ähnlicher als bei normal durchbluteter Haut.
8. Das Verschwinden der Delle in der Hohlhand wurde verzögert durch eine künstlich hergestellte Blutleere in der Hand und des Unterarmes.
9. Mit der Deformierbarkeit und der Veranlagung zur Dellenbildung steht in engstem Zusammenhang der Reibungswiderstand der Haut. Von diesem Gesichtspunkt aus wurde die Fähigkeit des Stehens auf einer schiefen Ebene untersucht. Der Neigungswinkel des Standbrettes wurde als Maß für die Größe der Reibung der Fußsohlenhaut angesehen.

10. Der Reibungswiderstand hing aber außerdem auch ab von der Stellung der Füße auf der schiefen Ebene. Der Neigungswinkel der Standfläche war am kleinsten bei der Fußstellung in der Richtung des Steigens, er konnte vergrößert werden sowohl bei der Fußstellung in der Richtung des Abwärtsgehens als auch beim Stehen quer zur geneigten Fläche. Eine Erklärung dafür bildet die Tatsache, daß die Fußsohlenhaut beim Aufwärtsgehen gespannt, bei den anderen Fußstellungen entspannt ist.
11. Bei gespannter Fußsohlenhaut blieb eine Delle über dem Köpfchen des zweiten Mittelfußknochens 25 bis 30 Sekunden lang bestehen, bei entspannter Haut 45 bis 55 Sekunden. Die analogen Versuche an der Hohlhand ergaben, daß eine Delle bei gespannter Haut über dem Köpfchen des Mittelhandknochens sofort verschwand, während sie bei entspannter Haut 35 Sekunden lang bestehen blieb. Es konnte so ein Zusammenhang zwischen Dellenbildung und Reibungswiderstand gezeigt werden.
12. Die Fußsohlenhaut bei Barfußgängern, die fortgesetzt mechanisch gereizt wurde, läßt eine Delle sowohl in der gespannten wie entspannten Haut erheblich schneller verschwinden als bei Personen, die nie barfuß gegangen sind.
13. Die Spannkraft des Strumpfes kann Dellen in der Haut hervorrufen, die als Abdrücke der Maschen des Gewebes entstanden sind.
14. Die Spannkraft des Strumpfes deformiert jedoch nicht allein die Haut, sondern bewirkt auch elastische Formveränderungen des ganzen Fußes. Die erste Zehe wird nach lateral abgedrängt, die fünfte Zehe nach medial. Der Umfang über die Zehen wird um 8 mm kleiner, der Umfang über die Köpfchen der Mittelfußknochen um 6 mm und der Umfang über die Keil- und Würfelbeine um 1 mm.
15. Die Fußbreite wurde in der Richtung vom Köpfchen des ersten Mittelfußknochens bis zum ersten Glied der fünften Zehe durch die Spannkraft des Strumpfes in einer Breite von 2 cm um 6 mm verkleinert. Die dazu erforderliche Kraft ist 3,5 kg groß.
16. Die maximale Spannkraft des Strumpfes in einer Breite von 10 cm war 29,5 kg groß.

Zum Schlusse gestatte ich mir, Herrn Professor Dr. Basler für das von ihm überlassene Thema und seine interessanten wissenschaftlichen Anregungen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 23. Juli 1912 wurde ich, Fritz Metzdorf, in Liegnitz als Sohn des Kaufmanns Friedrich Metzdorf geboren.

Ostern 1932 bestand ich die Reifeprüfung an der Oberrealschule in Liegnitz. Darauf studierte ich Medizin zunächst in Breslau, im 7. Semester in Freiburg i. Br., im 8. Semester in Berlin, vom 9. bis 11. Semester erneut in Breslau.

Das ärztliche Vorexamen bestand ich im November 1934 und am 5. Februar 1938 das ärztliche Staatsexamen.

Vom 1. April 1938 bis 31. März 1939 war ich als Medizinalpraktikant im Krankenhaus in Bad Warmbrunn tätig.

Fritz Metzdorf.